

HIGH-PACKAGING DENSITY SEMICONDUCTOR POWER MODULE OF MULTI-LAYER STRUCTURE SYSTEM

Publication number: JP10093017 (A)

Publication date: 1998-04-10

Inventor(s): HEINRICH HEILBRONNER +

Applicant(s): SEMIKRON ELEKTRON GMBH +

Classification:

- International: H01L23/31; H01L23/48; H01L23/538; H01L25/07; H01L25/18;
H01L23/28; H01L23/48; H01L23/52; H01L25/07; H01L25/18;
(IPC1-7): H01L25/07; H01L25/18

- European: H01L23/00C4F; H01L23/00C6H; H01L23/31P4; H01L23/538J

Application number: JP19970106194 19970423

Priority number(s): DE19961017055 19960429

Also published as:



DE19617055 (C1)

EP0805494 (A2)

EP0805494 (A3)

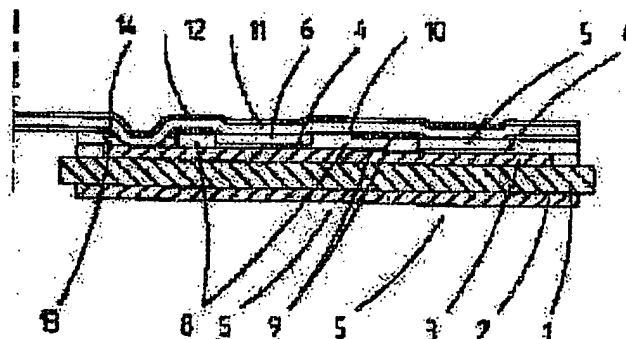
EP0805494 (B1)

US5856913 (A)

Abstract of JP 10093017 (A)

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor power module which attains complete insulation with only a low structure height.

SOLUTION: A multi-layer structure is realized by the sandwiching technology. Semiconductor elements 5, 6 are electrically and thermally connected to a structure-given electrically conductive surface of a substrate 1, by the brazing or pressure contact, and all connections adapted to circuits are made from flexible conductor plates 10, 11, 12 on other contact surface by the brazing or pressure contact. The insulation of this layout is made by laminating structure-given insulation intermediate layers (prepregs 8), with spaces formed for the semiconductor elements and contacts in the insulation intermediate layers.



Data supplied from the **espacenet** database — Worldwide

(51)Int.Cl.⁵

識別記号

F I

H 0 1 L 25/07

H 0 1 L 25/04

C

25/18

審査請求 未請求 請求項の数8 O L (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平9-106194

(22)出願日 平成9年(1997)4月23日

(31)優先権主張番号 1 9 6 1 7 0 5 5 : 9

(32)優先日 1996年4月29日

(33)優先権主張国 ドイツ (D E)

(71)出願人 592221975

ゼミクロン エレクトロニク ゲゼルシ
ャフト ミット ベシュレンクテル ハフ
ツング

ドイツ デー・90431 ニュルンベルク

ジークムントシュトラッセ 200

(72)発明者 ハイน์リッヒ ハイльブロンナー

ドイツ連邦共和国 デー・90547 シュタ

イン ビルケンヴェーク 6

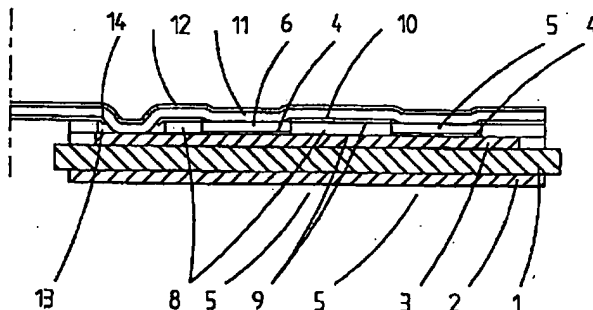
(74)代理人 弁理士 伊藤 武久 (外1名)

(54)【発明の名称】 多層構造方式での高実装密度の半導体パワーモジュール

(57)【要約】

【課題】 わずかな構造高で欠点のない絶縁が達成される半導体パワーモジュールを提供する。

【解決手段】 多層構造がサンドイッチ技術で実現されており、また半導体素子(5、6)が、一つの面にはろう付けによってあるいは押圧接触によって、サブストレート(1)の、電氣的に伝導性のある材料からなる、構造を与えられた面(3)と電氣的に且つ熱的に接続されており、別の接触面上には、ろう付けによってあるいは押圧接触によって、回路に適合した全ての接続部が、フレキシブルな導体プレート(10、11、12)によって作り出されており、また、当該配置の絶縁が、構造を与えられた絶縁中間層(プリプレグ8)によってラミネートすることにより行われており、そのとき、前記半導体素子及び接点のための空所が当該絶縁中間層に設けられている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも一つの電氣的に絶縁しているサブストレート(1)を有し、その上において電氣的に伝導性のある材料からなる面(3)が構造を与えられており、当該面(3)と冷却されるべき半導体素子(5、6)とが電氣的に結合されており、他方また当該半導体素子のほうは回路に適合して外部の接続要素(11)と接触させられている、多層構造方式での高実装密度の半導体パワーモジュールにおいて、

多層構造がサンドイッチ技術で実現されており、また半導体素子(5、6)が、一つの面にはろう付けによってあるいは押圧接触によって、サブストレート(1)の、電氣的に伝導性のある材料からなる、構造を与えられた面(3)と電氣的に且つ熱的に接続されており、別の接触面(7)上には、ろう付けによってあるいは押圧接触によって、回路に適合した全ての接続部が、フレキシブルな導体プレート(10、11、12)によって作り出されており、

また、当該配置の絶縁が、構造を与えられた絶縁中間層(ブリブreg8)によってラミネートすることにより行われており、そのとき、前記半導体素子及び接点のための空所が当該絶縁中間層に設けられている、前記半導体パワーモジュール。

【請求項2】 半導体素子(5、6)が、ダイオード、バイポーラトランジスタ、MOSFET、あるいはIGBTであり、且つ両側に押圧接触あるいはろう付け接触のために、一方側については構造を与えられて、層をかぶせられていることを特徴とする、請求項1に記載の半導体パワーモジュール。

【請求項3】 フレキシブルな導体プレートが、あらゆる側をポリイミド(10、12)でラミネートされた状態の、構造を与えられた銅条導体(11)を有し、そのポリイミドフォイル(10)が、回路に適合した開口部を銅条導体(11)の電氣的な接点のために有することを特徴とする、請求項1に記載の半導体パワーモジュール。

【請求項4】 前記配置の絶縁部(ブリブreg8)が、ガラスクロス及びエポキシ樹脂から作り出されたラミネートを有し、当該ラミネートが両側をカップリング剤を介して一層のエポキシ樹脂で覆われており、当該エポキシ樹脂がサンドイッチ構造への組み込みの際に予め網目状に結合された状態、硬化状態Bにあることを特徴とする、請求項1に記載の半導体パワーモジュール。

【請求項5】 ポリイミド(10、12)の厚さが、回路要件に相応に、少なくとも25 μ mに達し、これが一方の側をカップリング剤でコーティングされていることを特徴とする、請求項3に記載の半導体パワーモジュール。

【請求項6】 フレキシブルな導体プレートが、回路要件に相応に、銅条導体(11)において、補償曲げ部が

同一の平面内に統合されており且つ各銅条導体の横断面が回路装置の電流消費需要に適合させられているように、構造を与えられていることを特徴とする、請求項3に記載の半導体パワーモジュール。

【請求項7】 前記配置の絶縁部(ブリブreg8)が、少なくとも二つの層でサンドイッチのようにセラミックス(1)に取り付けられ、第一の層の厚さが銅構造層(3)の表面までの高さ補償をもたらし、且つ第二の層の厚さが半導体素子(5、6)の表面までの高さ補償をもたらし、且つそれぞれのブリブreg層が、回路構造の構成に適合させられた幾何学的に打ち抜きによって適合させられた、開口部を備える形状を有することを特徴とする、請求項4に記載の半導体パワーモジュール。

【請求項8】 ブリブreg(8)を備えるセラミックス(1、2、3)及びフレキシブルな導体プレート(10、11、12)のプレスによるラミネートが、セラミックス(1)の上部の銅層(3)への、及びフレキシブルな導体プレートの銅条導体(11)の接点(13、14)への半導体素子(5、6)の全ての接点のろう付けと時間的に同時に行われていることを特徴とする、上記請求項のいずれか一項に記載の半導体パワーモジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、少なくとも一つの電氣的に絶縁しているサブストレートを有し、その上において電氣的に伝導性のある材料からなる面が構造を与えられており、当該面と冷却されるべき半導体素子とが電氣的に結合されており、他方また当該半導体素子のほうは回路に適合して外部の接続要素と接触させられている、多層構造方式またはサンドイッチ構造方式におけるパワーエレクトロニクスの半導体パワーモジュールに関する。

【0002】

【従来の技術】半導体パワーモジュールの信頼性、寿命、及びパワー密度を新たに高める場合には、各構造部品を組み立てて一つのユニットにする方法を新しいものに変えること、及び材料の組み合わせを新しくすることが必要な前提条件である。

【0003】pn接合における発生する損失熱の搬出のための熱伝導度が非常によい状態でのパワー半導体素子(Leistungshalbleiterbauelemente)の絶縁された構造が要求され、且つそれらの集積が外部の接続部へ通じるさまざまな接続方法に対して要求される。

【0004】銅でコーティングされた非導電性の熱伝導性のサブストレートを用いた半導体パワーモジュールの絶縁された構造の場合には能動素子がろう付けされ、この物質拘束的(stoffschlüssig)な結合が、良好な熱搬出と当該配置における各要素のよく調整された位置とを保証する。

【0005】半導体素子及びそのフリーホイーリングダイオードの、その表面上での回路に適合した結合を作り出すことは、変換及び制御技術(Umform- und Ansteuertechnik)の回路装置で整流回路において、これまで通常は接続技術(Bondtechnik)に委ねられていた。なぜならば、チップ接触面の比較的に微細な構造化がこれまで別の方法で接触させることを許容しなかったからである。模範的には太さ330 μm までのアルミニウム導線が超音波を用いてチップ接点とDCBセラミックス(ダイレクト・カップー・ボンディング・セラミックス)上の二次的な接続要素との間の接続部として物質拘束的に多重平行的に超音波を用いて接合される。

【0006】当該導線は、接合の際に超音波及び接合工具(Bondmeissel)の圧力に起因して構造変化を受ける。この構造変化は、長時間作動における安定性にとって不都合である。好ましい最適の長時間安定性は、この技術ではまだ達成できない。初めは、アルミニウム導線が接合箇所に構造の割れ目を示し、そのことが、チップ接触面/アルミニウム導線結合がはずれることにまで通じる。

【0007】ドイツ特許出願公開第3637513号公報に記載されているような二層金属被覆によって、パワー素子(例えばMOSFETあるいはIGBT)の前面の、繰り返して且つ重なり合う絶縁されるべき両方の接続部の多様さをろう付け可能あるいは押圧接触(圧着)可能な程度に低下させることが試みられている。

【0008】電流が通じる部分の間の必要とされる絶縁抵抗(Isolationsfestigkeit)を、模範的には絶縁シールあるいは軟シール(Isolations- oder Weichverquass)としてのシリコンゴムのような付加的に設けられた保護部によってもたらすことは、普通いぜんとして、パワーエレクトロニクスにおける従来技術に対応する。

【0009】それに対して、ドイツ特許出願公開第3119239号公報には、大規模集積半導体素子、つまりLSI半導体素子の多層構造が記載されている。ここでは、個々の内部の回路の間の非常にわずかな電圧及び電位差に起因して、重なりあった各接触伝導部または電気的な接続部の相互の絶縁についての要件は与えられていない。

【0010】別の方法がドイツ特許出願公開第4407810号公報に示されている。この種のパワー構造体(Leistungsaufbauten)の場合には、必須の絶縁シールが同時に二重機能で押圧要素として利用される。その結果、従来技術に従って製造された等価な構造体に比べて構造高が抑制されているとしても、この回路配置の構造高はいぜんとしてある程度の寸法をもつだろう。ドイツ特許出願公開第4132947号公報では、物質拘束的な結合(ろう付け)が物質結合的(stoffbuendiq)な押圧接触(接着あるいは導電ペースト固着(Leitpastenfixierung))によって代用される。その際、各素子は、一方の側

あるいは両側で、フレキシブルな導体プレート(プリント配線板)によってコンタクトさせられる、つまり連絡させられる。回路内部の電位差が大きい場合の必要なフラッシュオーバー抵抗(絶縁耐力)の獲得の問題についてはここでは述べられていない。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】本発明の課題は、シール技術の回避のもとで押圧接触あるいはろう付け接触によって、半導体素子の両方の側の接点の間のすべての電気的な接続が回路に適合して外部の接続要素によって作り出されており、その際わずかな構造高で欠点のない絶縁が達成される、上述の種類の半導体パワーモジュールを提供することである。

【0012】

【課題を解決するための手段】前記課題は、半導体パワーモジュールの場合に、多層構造がサンドイッチ技術で実現されており、また半導体素子が、一つの面にはろう付けによってあるいは押圧接触によって、サブストレートの、電気的に伝導性のある材料からなる、構造を与えられた面と電気的に且つ熱的に接続されており、別の接触面上には、ろう付けによってあるいは押圧接触によって、回路に適合した全ての接続部が、フレキシブルな導体プレートによって作り出されており、また、当該配置の絶縁が、構造を与えられた絶縁中間層(ブリブレイク)によってラミネートすることにより行われており、そのとき、前記半導体素子及び接点のための空所が当該絶縁中間層に設けられていることによって解決される。別の有利な構成は、従属項に記載されている。

【0013】特に高いパワー密度を有する半導体パワーモジュールの実現の場合には、組み立ての方法の選択の際に絶縁抵抗も保証する必要がある。本発明は、必要な絶縁の獲得及び回路装置の長期間の寿命を達成できるような手段を述べている。

【0014】

【発明の実施の形態】本発明を、以下に図面をもとにして説明する。図1は、二つの接触させられた半導体素子5、6を有する本発明に係るモジュール部分の横断面の概略図である。パワースイッチの組立てのためのベースは、例えば、両面を銅2、3でコーティングされている酸化アルミニウム層1からなるDCBセラミックスである。当該概略図における上側の銅面3上には、従来技術により周知の軟鉄4を用いたろう付けによってオーム性接触(ohmscher Kontakt)が半導体素子の裏面に対して、トランジスター5のコレクターに対してまたは例として図示されたフリーホイーリングダイオード6に対して作り出されている。別の半導体素子5、6のポジショニングの際には、銅フォイル3が相応に回路に適合して構造を与えられている。半導体素子5、6の当該概略図における上側の接触面は、先行科学技術の加工ステップでは、ろう付け能力のある接触層を備えていた。この接触

層は、パワースイッチ5の場合には構造を与えられている。

【0015】ひき続いての組立ては、例えば、K rem p e l社(Postfach 484 in Stuttgart)及びI s o l a社(52348 Dueren)のカタログに記載されているような、いわゆるプリブレグ8の取り付けを考慮に入れる。このプリブレグ8は、模範的にはガラスクロス/エポキシ樹脂・ラミネートから、両面をカップリング剤及びエポキシ樹脂9でコーティングされたことによって形成される。その際、エポキシ樹脂9は、硬化状態Bにおいて

従来技術に従って前処理された状態にある。半導体素子5、6のために及びサブストレートの銅層2上の接点のために、相応の空所13が打ち抜き技術によってプリブレグ8に設けられており、当該開口部13のエッジ部はシリコンゴムでコーティングされている。厚さにおいてプリブレグ8は構造上、ろう付けされた状態における半導体素子の表面の平面に対応するように寸法を定められている。

【0016】半導体素子5、6とエポキシ樹脂コーティング9を有するプリブレグ8とから形成された、そのように構成された平坦な表面上には、準備されたフレキシブルな導体プレートがラミネート(積層)される。その際、このラミネートは、銅面3及びセラミックス1上にプリブレグ8をラミネートすることとともに同時に、また半導体素子5、6の接合のためのろう付けプロセスとともに行われ得る。その際、フレキシブルな導体プレートは、それ自体は周知のポリイミドフォイル10、12から成る。その際、25 μ mのフォイル厚で、必要な破壊抵抗に十分である(すなわち、絶縁破壊に対して十分な強さをもつ)。これらは、回路に適合して構造を与えられた銅条導体11を取り囲み、銅条導体11を互いに絶縁する。導体プレートの、半導体素子5、6へ向けられた(すなわち、当該半導体素子側の)下側ポリイミドフォイル10において14として示す位置には開口部がある。それによって、ろう付け能力のある表面を備える銅条導体11がろう付けによって回路構成に相応に電氣的に接触させられている。サブストレート1、2、3の銅層3とフレキシブルな導体プレートの回路に適合した銅条導体11との間の電氣的な接続は、非常に簡単な方法で同時のろう付けによって実現される。というのは、導体プレートの可撓性(Flexibilitaet)の利点がそれを可能にするからである。

【0017】フレキシブルな導体プレートは、回路要件に相応に、銅条導体(11)において、補償曲げ部(例えば、条導体構造のU字形部)が同一の平面内に統合されているように構造を与えられていることが有利である。

【0018】本発明の思想の実現のために、フレキシブルな導体プレートの銅条導体11が注目されるべきである。回路装置の高いパワー要請の場合には、銅の厚さは

0.4mmまでに選択され得る。本発明に係る回路構造によって、電流移送のために大きな横断面が与えられるように銅条導体11の幅を形成することが可能である。それによって、作業負荷状態で銅条導体11が電流によって熱せられず、これらの銅条導体11が、サブストレート1、2、3の銅面3と同じ意味で、半導体素子5、6からの良好な熱搬出を引き起こす。銅条導体11は、外部のパワー接続部(Kraftanschluesse)として中間回路と結合され得る。銅条導体11は、制御接続部(Steueranschluesse)としてエレクトロニクス部品と直接に接触させられ得る。

【0019】図2は、図1に対してすでに説明されたような層構造を立体的に図示したものである。両面を平たい銅でコーティングされたサブストレート1は、上の銅面3上に回路装置のために必要な半導体素子5、6を支持する。すでに説明したように、これらはポジショニングされてろう付けされている、あるいは押圧接触組み立てのためにペーストあるいは接着剤のような電氣的に伝導性のある中間層を用いて固定されている。大きさの適合したプリブレグ8が、半導体素子の受容のために及び銅層2とフレキシブルな導体プレートの対応する導体路11との直接の接触のために必要不可欠な空所13をもっている。

【0020】フレキシブルな導体プレートの構成のために顧慮された下側のフォイル10は、トランジスター5及びフリーホイールダイオード6の位置における模範的に選択された半導体素子の接触層7との電氣的な接触のための相応の開口部14をもっている。電氣的な接続のために顧慮された銅条導体11は、素子との接触の位置において、下側のフォイル10における窓部14の箇所において、表面処理されている。カバーフォイル12は、二次的な上部回路構造(Schaltungsaufbauten)(すなわちさらに上に積層される回路構造)に対する良好な機械的な且つすぐれた電氣的な保護をもたらす。

【0021】フレキシブルな導体プレートは、同様に、それぞれポリイミドフォイルによって互いに電氣的に絶縁された多層の銅ラミネートを有してよい。それらは、互いに回路に適合して、金属被覆されたリードスルー(Durchfuehrungen)(スルーホール)によって接続され得る。従って、本発明により鏡像状に配置された同様のあるいは補足的な上部回路構造によって、非常に高い実装密度(Packungsdichte)が実現可能である。水冷システムの使用の場合には、半導体素子からの熱搬出に問題がなく、それとともに、特に可動性の使用のため、すなわち可動なものでの使用のために大きな衝撃抵抗(Stossfestigkeit)を有する回路構造を作り出すことができる。

【0022】図1及び図2に示す構造は、従来技術による純粋な押圧接触の原理に従う類似の方法で可能である。そのために、相応に形成された架橋要素、押圧パッド(Druckkissen)、及び押圧プレートをフレキシブルな

導体プレートの面に挿着することが考慮される必要がある。

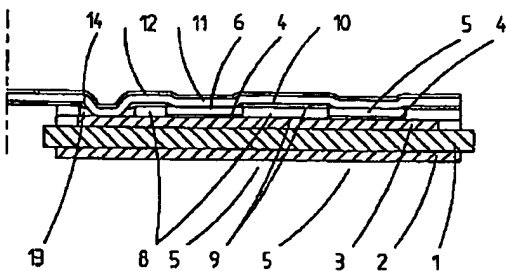
【0023】しかし、その際、若干の特性に注目すべきである。半導体素子5、6は、エポキシ樹脂が熱い段階で下に浸入すること(Unterkriechen)によって銅面3への素子裏面の電気的な接触を妨げないように、銅面3上へプリブレグ8をラミネートする前に電気的に伝導性をもって固定されていなければならない。プリブレグ8の表面エポキシ樹脂層を予め網目状に結合すること(Vorvernetzung)及びプリブレグ8の構造化によって、並びに開口部13のすでに述べたエッジコーティングによって、上記の浸入が妨げられている。

【0024】素子5、6の接触面7は、押圧接触のために適合させられた表面品質を備えていなければならない。というのは、例えばMOSFET構造及びIGBT構造の非常に扱いにくい表面層は不均一な圧力負荷に対して非常に敏感だからである。前記のことは、ろう付け接続のためにも有利であるように、比較的大きな層厚(模範的には、 $>10\mu\text{m}$)における銀で覆うことによって達成され得る。

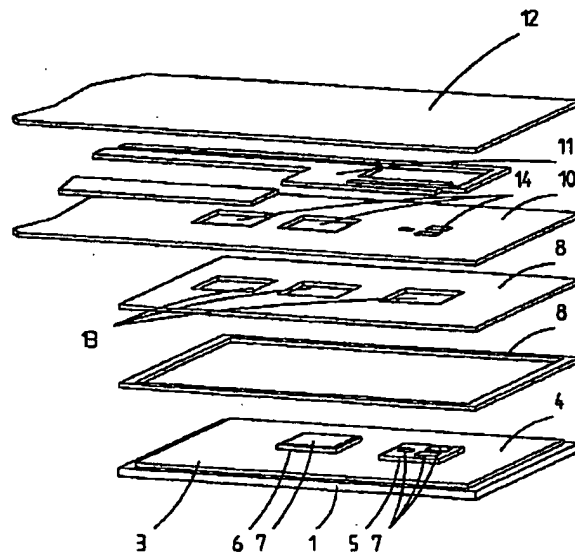
【0025】フレキシブルな導体プレートは、個々の点に関する圧力過負荷が回避されなければならないという、押圧接触の組立条件のもとでの使用において非常によく適している。そのために、比較的に厚い(模範的には $50\mu\text{m}$ あるいは $100\mu\text{m}$)ポリイミドフォイルを使用することが合目的である。これはこの厚さで圧力補償クッションのように働く。

*

【図1】



【図2】



*【0026】従来技術に従う通常の軟シール、模範的にはシリコン有機化合物が、本発明の回路構造の場合には無くてもよい。密封はプリブレグでラミネートすることによって行われる。相互の電気的な絶縁は、プリブレグ8における開口部13のエッジコーティング及びポリイミドフォイル10、12によってもたらされる。それに由来して、半導体素子の両面での非常に良好な熱伝達という本発明の利点が、押圧接触あるいはろう付け技術における構造の変形に独立に(換言すれば、組立方法に依存せずに)導き出し得る。構造高の減少によるはるかに小さい体積需要の利点、及びフレキシブルな導体プレートの形成に起因する回路形成におけるより大きなフレキシビリティ(柔軟性)は、経済的に特記すべきである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る半導体パワーモジュールの横断面の概略図である。

【図2】図1に示す層構造の分解斜視図である。

【符号の説明】

- | | |
|------|-----------|
| 1 | サブストレート |
| 2, 3 | 銅層 |
| 5, 6 | 半導体素子 |
| 7 | 接触面 |
| 8 | プリブレグ |
| 10 | ポリイミドフォイル |
| 11 | 銅条導体 |
| 12 | ポリイミドフォイル |